

ausschließlich in embryonalem Gewebe aktiv zu sein und nicht in anderen Bereichen des Eis. Die Expression des NO-Synthetasegens korreliert mit dem zeitlichen Verlauf der NO-Emission. Wie bisher auch bei anderen Wirbellosen wurde nur ein NO-Synthetasegen gefunden; die abgeleitete Aminosäuresequenz ist derjenigen von Bienen und anderen Insekten sehr ähnlich. Ein Vergleich der mRNA von NO-Synthetase von erwachsenen Bienenwölfen und den Eiern zeigt jedoch, dass derjenigen der Eier ein Teil fehlt; dieser Teil wird im Ei bei der Bildung der mRNA herausgeschnitten. Dadurch scheint die Regulation der Aktivität der NO-Synthetase nachhaltig verändert zu sein. Über die Entstehung dieser veränderten Regulation der NO-Produktion des Bienenwolfes stellen die Autoren zwar spekulative Überlegungen an, aber dazu kann beim derzeitigen Stand der Erkenntnisse, außer den gängigen evolutionären Versatzstücken, nichts Substanzielles gesagt werden. Dabei ist es ein risikoreicher Schritt, Babynahrung mit NO zu konservieren, das sich gleichzeitig auch toxisch für den Embryo auswirken könnte. Wie kommt es, dass das Ei die bereitgestellte Babynahrung konserviert, die von der Larve erst nach dem Schlüpfen gebraucht wird? Wie kommt es, dass

dieselbe Gensequenz in erwachsenen Bienenwölfen anders als im embryonalen Gewebe im Ei durch das genannte Herausschneiden präpariert wird?

Bei Bienenwölfen liegen erstaunlich komplexe Prozesse zur Konservierung von Babynahrung vor, die Anlass geben zu vielen weiteren Fragen!

[HETZER G & STROHM E (2007) Fighting fungi with physics: food wrapping by a solitary wasp prevents water condensation. *Curr. Biol.* 17, R46 • KROISS J, KALTENPOTH M, SCHNEIDER B, SCHWINGER M-G, HERTWECK C, MADDULA RK, STROHM & SVATOS A (2010) Symbiotic streptomycetes provide antibiotic combination prophylaxis for wasp offspring. *Nature Chem. Biol.* 6, 261-263 • STROHM E, HERZNER G, RUTHER J, KALTENPOTH M & ENGL T (2019) Nitric oxide radicals are emitted by wasp eggs to kill mold fungi. *eLIFE*, 8:e43718; doi:10.7554/eLife.43718] H. Binder

### ■ Ein Fischschwarm im Eozän?

Die geregelte Ansammlung einer größeren Gruppe gleichartiger, kleiner Fische lässt auf eine Konservierung eines koordinierten Fischschwarms schließen. Das ist das Ergebnis der Studie von MIZUMOTO et al. (2019) an einer Kalksteinplatte mit 259 Exemplaren des ausgestorbenen Fisches *Erismatopterus levatus* (Abb. 1).

Die Platte ist Eigentum eines japanischen Museums und stammt

sehr wahrscheinlich aus der eozänen Green-River-Formation (Wyoming oder Utah, USA); nur aus dieser Formation ist *E. levatus* (Ordnung der Percopsiformes, Barschlachsartige) bisher bekannt. (Das Eozän ist eine Einheit der internationalen chronostratigraphischen Tabelle: die 2. Serie/Epoche des Paläogen bzw. des Tertiär.) Die Ansammlung der jungen Exemplare (Körperlängen zwischen 11 und 24 mm) beeindruckt durch den Einklang ihrer Bewegungsrichtung und ihrer Anordnung zueinander (s. auch Abb. 2).

Zur Prüfung ihrer Annahme, dass hier ein „kollektives Verhalten“ (Schwarmverhalten) konserviert wurde, unternahm MIZUMOTO et al. (2019) zahlreiche Vermessungen und Simulationen. Eine Simulation galt der Abschätzung der Position der Fische einen Moment nach dem Schnappschuss der Konservierung auf Grundlage ihrer Bewegungsrichtung. Aus diesen Ergebnissen leiteten sie mögliche Verhaltensregeln ab (nach publizierten Zonen-Modellen für Fischschwärme): 1. Abstoßung (repulsion) von nahen Individuen und 2. Anziehung (attraction) von weiter entfernten Nachbar-Individuen. Des Weiteren zeigte die fossile Fischansammlung Strukturen auf Gruppenebene in Form eines länglichen Gebildes mit einer Längsausrichtung zur Bewegungsrichtung



**Abb. 1** Kalksteinplatte mit 259 Exemplaren des ausgestorbenen Fisches *Erismatopterus levatus*. Die Platte stammt sehr wahrscheinlich von der eozänen Green-River-Formation (Wyoming, USA). Breite etwa 22 cm. Foto/Credit: Shinya MIYATA, Josai University (freundl. Zurverfügungstellung von Nobuaki MIZUMOTO).

und hoher Polarisation (gleichsinnige Orientierung) auf.

Allerdings ist fraglich, ob sich Verhaltenseigenschaften eines dreidimensionalen Fischschwarms in einer zweidimensionalen Projektion – wie es die Platte ist – haben erhalten können. Dies ist unter der Voraussetzung, dass sich der Fischschwarm quasi in zweidimensionaler Anordnung (also flach) unmittelbar über dem Grund hinwegbewegte, eher vorstellbar. Dazu bedarf es aber zusätzlich einer plötzlichen und schnellen Einbettung.

So ist die Interpretation der Fischansammlung als Fischschwarm eng mit den möglichen Umständen

des Todes und der Konservierung verknüpft. MIZUMOTO et al. (2019) führen für eine rasche Fixierung – für das „Einfrieren des Verhaltens“ – beispielhaft den Kollaps einer Flachwasser-Sanddüne an, die eine Überdeckungsschicht in Sekunden oder Minuten hätte produzieren können. Allerdings sind die unter- und überlagernden Schichten zur Platte nicht bekannt.

Fazit: Die Fischansammlung repräsentiert sehr wahrscheinlich einen koordinierten Fischschwarm. Wenn dem so ist, wären Verhaltensweisen – wie sie heute bekannt sind – auch in der Eozän-Periode vorgekommen. Warum auch nicht?



Abb. 2 „Stirnschicht“ eines Fischschwarms? Ausschnitt der Abb. 1, linke Seite. Foto/Credit: Shinya MIYATA, Josai University (freundl. Zurverfügungstellung von Nobuaki MIZUMOTO).

[MIZUMOTO N, MIYATA S & PRATT SC (2019) Inferring collective behaviour from a fossilized fish shoal. Proc. R. Soc. B 286, 20190891. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.0891>] M. Kotulla

## Rezension



Jonathan B. Losos: Glücksfall Mensch. Ist Evolution vorhersehbar? München: Carl Hanser, 2018. (Titel der Originalausgabe: Improbable Destinies: Fate, Chance, and the Future of Evolution)

Verläuft Evolution langfristig in vorhersehbaren Bahnen und *mussten* letztlich die Baupläne entstehen, die heute in der Tier- und Pflanzenwelt existieren, oder spielen zufällige Effekte eine so große Rolle, dass auch etwas ganz anderes hätte entstehen können? Kurz: Eher Notwendigkeit oder eher Zufall? Zwei bedeutende Forscher stehen für diese beiden Positionen: Stephen J. Gould für die „Zufall“-Seite, Simon Conway Morris für die „Notwendigkeit“. Gould argumentierte in seinem vielzitierten Buch „Zufall Mensch“, dass in der Evolution der Lebewesen so viel Unvorhersehbares (Kontingentes) geschehe, dass sie ganz anders verlaufen würde, wenn man das Band des Lebens nochmals auf dem Einzellerstadium neu starten könnte (GOULD 1991; vgl. STEPHAN 1994). Dagegen wies Conway Morris darauf hin, dass es ein derart großes Ausmaß an Konvergenzen gebe, also unabhängig erreichte ähnliche „Lösungen“ für ähnliche Erfordernisse, dass angenommen werden müsse, dass diese Lösungen *notwendigerweise* erreicht wurden (vgl. BRAUN 2012).

Die Auffassungen dieser beiden Antipoden bilden den Hintergrund des Buches „Glücksfall Mensch“ von Jonathan Losos. Der Autor wurde vor allem durch seine langjährigen Arbeiten an der karibischen Eidechsenart *Anolis* bekannt, und selbstverständlich nehmen

diese einen prominenten Platz in seinem Buch ein. Losos erzählt lebendig von diesen Eidechsen und über einige weitere spannende Langzeitstudien in Freiland Situationen und im Labor – immer mit der Fragestellung, was sie zur Frage nach Zufall und Notwendigkeit (bzw. Wiederholbarkeit) in der Evolution austragen.

Losos' Antwort zur aufgeworfenen Grundfrage ist ein klares „Sowohl – als auch“. Sowohl in den Vorgängen im Freiland als auch in den Ergebnissen, die unter kontrollierten und eher unnatürlichen Laborbedingungen erzielt wurden, findet er Hinweise auf Vorhersagbarkeit und auch auf Nicht-Vorhersehbares in den beobachteten Veränderungen der betreffenden Arten.

### Überblick über das Buch

Nachdem Losos im einleitenden Kapitel die beiden gegensätzlichen Positionen „Zufall“ und „Notwendigkeit“ umrissen hat, schildert er in Kapitel 1 eine Reihe eindrucksvoller Konvergenzen. Deren Liste wird immer länger und eindrucksvoller. „In den letzten Jahren erkannten Wissenschaftler Konvergenz in fast jeder erdenklichen Art von Merkmal“, stellt Losos fest (58). Einige besonders bemerkenswerte Beispiele sind die mehrfach unabhängige Entstehung von chemisch identischem Koffein oder das Anlegen von unterirdischen Pilzgärten bei Termiten, Ameisen und einigen Käfern. Losos gelangt zur Aussage: „Es ist fast egal, welches Merkmal man herausgreift, es hat sich mehrfach konvergent entwickelt“ (62).

Besonders auf Inseln fanden sich wiederholte „natürliche“ Experimente der Evolution“ (89), seien es die von Losos selbst untersuchten *Anolis*-Eidechsen („Nur sehr wenige Spezies von einer Insel haben keine Doppelgänger auf mindestens einer anderen Insel“, S. 85), *Mandarinaschnecken* (85f.), *Mausohrfledermäuse* (86f.), *Frösche*